



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets <sup>7</sup> : <b>H04B 7/005</b>	<b>A1</b>	(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 00/41336</b> (43) Date de publication internationale: 13 juillet 2000 (13.07.00)
--	-----------	--

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/03268  
(22) Date de dépôt international: 23 décembre 1999 (23.12.99)  
(30) Données relatives à la priorité:  
98/16623 30 décembre 1998 (30.12.98) FR  
(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ALCATEL [FR/FR]; 54, rue La Boétie, F-75008 Paris (FR).  
(72) Inventeurs; et  
(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): CALOT, Guillaume [FR/FR]; 28, rue Henri de Regnier, F-78000 Versailles (FR). LAPAILLE, Cédric [FR/FR]; 5, place Maurice Berteaux, F-78400 Chatou (FR).  
(74) Mandataire: MOULIN, Béatrice; Compagnie Financière Alcatel, D.P.I., 30, avenue Kléber, F-75116 Paris (FR).

(81) Etats désignés: AU, BR, CN, ID, JP, KR, MX, SG, US.

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING THE POWER OF A TRANSMITTER BY THE SIGNALS RECEIVED

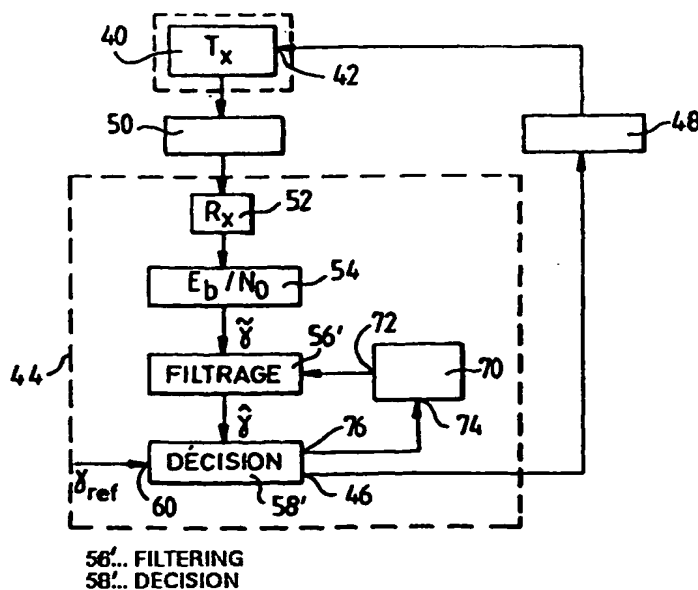
(54) Titre: PROCÉDE DE CONTROLE DE LA PUISSANCE D'UN EMETTEUR PAR LES SIGNAUX RECUS

(57) Abstract

The invention concerns a telecommunication method wherein a transmitter (40) transmits data to a receiver (44) with a power level based on a set value signal supplied by said receiver. The instruction serves to maintain the transmitter at a certain power level such that a characteristic ( $\gamma$ ) of the received signal is constantly equal to a reference characteristic ( $\gamma_{ref}$ ). Said method is characterised in that as a delay (50, 48) intervenes in the transmission of signals between the transmitter and the receiver, it consists in producing a set value, whenever an information is received, from the signal representing the power level of the received signal transmission. Said method enables stable automatic control in spite of delays. When the characteristic is a signal to smoothed noise relationship, the method minimises the oscillations of the characteristic measured during sudden changes in the transmission gain.

(57) Abrégé

L'invention est relative à un procédé de télécommunication dans lequel un émetteur (40) transmet des informations à un récepteur (44) avec une puissance fonction d'un signal de consigne fourni par le récepteur. La consigne a pour but de maintenir la puissance de l'émetteur à un niveau tel qu'une caractéristique ( $\gamma$ ) du signal reçu soit constamment égale à une caractéristique de référence ( $\gamma_{ref}$ ). Le procédé est caractérisé en ce qu'un retard (50, 48) intervenant dans la transmission des signaux entre émetteur et récepteur, on élabore la consigne, à chaque réception d'information, à partir d'un signal représentant la puissance d'émission du signal reçu. Ce procédé permet un asservissement stable malgré les retards. Quand la caractéristique est un rapport signal à bruit lissé, le procédé minimise les oscillations de la caractéristique mesurée lors de changements brusques du gain de transmission.



# **UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce			TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

## PROCEDE DE CONTROLE DE LA PUISSANCE D'UN EMETTEUR PAR LES SIGNALS REÇUS

L'invention est relative à un procédé pour contrôler la puissance d'un émet-  
teur de façon telle que le signal reçu par un récepteur présente une qualité sensi-  
5 blement constante.

De façon générale, l'invention se rapporte à un système de télécommuni-  
cations dans lequel le canal de propagation des signaux de l'émetteur vers le récep-  
teur présente un gain variable.

Elle concerne plus particulièrement, mais non exclusivement, un système de  
10 télécommunications, notamment par satellites, dans lequel les conditions de pro-  
pagation des signaux entre l'émetteur et le récepteur peuvent varier, par exemple du  
fait de variation des conditions météorologiques.

Dans un tel système, les variations de gain du canal de transmission ont  
pour origines principales la pluie, la scintillation et les masquages et ces variations  
15 provoquent, par rapport à une transmission dans de bonnes conditions, une forte  
atténuation du signal reçu. La scintillation a pour origine des trajets multiples des  
signaux qui provoquent des combinaisons additives et soustractives. Les masquages  
interviennent quand une antenne suit une source mobile, telle qu'un satellite, et que  
des obstacles viennent s'interposer sur le trajet du signal transmis.

20 En outre, le bruit du signal reçu peut varier soit du fait d'une variation des  
conditions de propagation soit du fait que la source de bruits (qu'elle vienne de  
l'émetteur ou d'un parasite extérieur) est variable.

Un système de télécommunications doit assurer une qualité de service  
minimale. Par exemple, dans le cas d'une transmission de signaux numériques, cette  
25 condition requiert que le taux d'erreurs binaires soit toujours inférieur à un taux  
requis. Pour satisfaire à cette exigence, on s'assure qu'à tout instant le rapport signal  
à bruit du signal reçu soit supérieur à une valeur prédéterminée.

Pour résoudre ce problème, la solution la plus courante est de conférer à la  
puissance d'émission une valeur suffisante pour que, quelles que soient les conditions  
30 de la liaison entre émetteur et récepteur, on obtienne toujours un rapport signal à  
bruit au moins égal à une valeur minimale. Mais, cette solution n'est, en général, pas  
satisfaisante, car elle conduit à fournir une puissance excessive à l'émetteur, ce qui  
peut entraîner une limitation de la capacité de transmission d'un système dont fait  
partie l'émetteur. En effet, quand la transmission s'effectue par l'intermédiaire d'un  
35 satellite qui relaie les émissions provenant de plusieurs émetteurs, la puissance  
disponible dans le satellite est limitée, et une puissance élevée fournie à un émetteur

diminue la puissance disponible pour les autres émetteurs. En d'autres termes, le nombre d'émetteurs qui peuvent être relayés par le satellite est donc réduit. La puissance d'émission est donc excessive.

Une autre solution au problème des variations de puissance transmise et des variations de bruit consiste à effectuer une régulation. Le contrôle de la puissance de l'émetteur est réalisé par le récepteur. A cet effet, on détermine le rapport signal à bruit du signal reçu, on compare ce rapport à une valeur de référence, et, à partir du résultat de la comparaison, on élabore un signal de consigne qui est transmis du récepteur vers l'émetteur. Ce signal de consigne a pour but de corriger la puissance de l'émetteur afin que le signal émis fournisse au récepteur, après propagation dans le canal de transmission, un signal dont le rapport signal à bruit soit égal à la référence.

Pour comparer, dans le récepteur, le rapport signal à bruit à la référence, en général, avant la comparaison, on prévoit un lissage tel qu'un filtrage passe-bas, de la mesure du rapport signal à bruit afin de limiter le bruit provenant du canal de transmission.

On a constaté que la mise en œuvre d'une telle régulation pose des problèmes difficiles à résoudre dans le cas où il existe un retard non négligeable de transmission et/ou de traitement des signaux de l'émetteur vers le récepteur et du récepteur vers l'émetteur. En effet, le signal de consigne que reçoit l'émetteur est destiné à corriger une situation qui a pu évoluer entre l'émission de la consigne par le récepteur et sa réception par l'émetteur et cette situation peut encore évoluer entre l'émission d'un signal de données (appliquant la consigne de puissance) par l'émetteur et sa réception par le récepteur. Ce décalage entre l'instant de la correction demandée et l'instant où elle est reçue par le récepteur entraîne une impossibilité de réguler la puissance quand le gain du canal de transmission – c'est-à-dire les conditions de propagation dans l'exemple – varie de façon sensible pendant le temps de transmission.

Ce problème de décalage est encore aggravé dans le cas d'un système de télécommunications à trafic sporadique (c'est-à-dire à débit variable) et/ou dans le cas où les consignes sont transmises, du récepteur vers l'émetteur, seulement avec des informations proprement dites à transmettre.

On considérera ici, à titre d'exemple, un système de transmission asynchrone tel qu'un système ATM ("Asynchronous Transfer Mode") dans lequel le récepteur constitue, de son côté, un émetteur qui transmet des données à l'émetteur fonctionnant alors comme récepteur. Dans ce cas, les consignes ne sont transmises

qu'avec des cellules ou paquets de données (d'information ou de signalisation) transmises du récepteur vers l'émetteur. Comme le trafic est sporadique, le temps qui s'est écoulé entre, d'une part, l'instant d'application de la consigne de puissance à l'émetteur, et, d'autre part, l'instant de l'événement ayant servi à élaborer cette  
5 consigne dans le récepteur, est variable et peut atteindre des valeurs importantes. De même, la sporadicité du trafic entre l'émetteur et le récepteur entraîne une durée variable entre l'instant d'émission et la réception dans le récepteur.

En particulier, dans un système de transmission de type dit "multimédia", le trafic des données présente des débits très variables. Par exemple, la transmission de  
10 courrier électronique exige un débit beaucoup plus faible que la transmission de données vidéo.

L'invention se rapporte à une régulation de la puissance de l'émetteur et fournit des solutions particulièrement simples aux problèmes mentionnés ci-dessus.

Le procédé selon l'invention est caractérisé en ce qu'à chaque fois que le  
15 récepteur reçoit une information provenant de l'émetteur, il détermine une consigne de puissance demandée à l'émetteur en fonction, d'une part, de la comparaison d'une caractéristique du signal reçu avec une référence, d'autre part, de la puissance à laquelle a été émise l'information reçue, et d'autre part, enfin, des consignes précédemment émises mais non prises en compte dans l'information reçue en raison  
20 des retards de transmission.

La puissance de l'émetteur est nécessairement connue par le récepteur, puisque c'est ce dernier qui la détermine par les consignes.

Quand la consigne de puissance émise sera prise en compte par l'émetteur, la puissance demandée tiendra compte des consignes reçues précédemment. Ainsi,  
25 l'asservissement peut fonctionner sans instabilité.

La difficulté pouvant résulter de la sporadicité du trafic du récepteur vers l'émetteur est résolue par le fait que l'instant d'émission des consignes étant connu dans le récepteur, ce dernier peut en tenir compte pour élaborer les consignes  
suivantes.

30 La sporadicité du trafic de l'émetteur vers le récepteur est aussi sans conséquence néfaste, car la puissance de l'émetteur étant déterminée par le récepteur, ce dernier connaît à tout instant la puissance d'émission du signal qu'il reçoit.

Ce procédé permet ainsi de s'affranchir des instabilités ou dysfonctionnements qui pourraient résulter des retards de transmission et de traitement.

35 Dans une réalisation, on garde en mémoire le signal représentant la puissance de l'émetteur pendant une durée  $t'$  égale à la somme du temps  $t_p$  de propa-

gation du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement ou prise en compte de la consigne par l'émetteur, et du temps  $t_p$  de propagation de l'émetteur vers le récepteur. Ce temps  $t$  est connu et, en général, constant. La mise à jour du signal représentant la puissance s'effectue alors à chaque émission de consigne du récepteur vers l'émetteur. Si la consigne précédemment élaborée n'a pas été transmise vers l'émetteur alors qu'une nouvelle information est reçue par le récepteur, la nouvelle consigne, élaborée à partir de la nouvelle information reçue, remplace la consigne qui n'a pas été émise.

Dans un mode de réalisation préféré, la caractéristique du signal reçu est déterminée de la façon suivante : on mesure le rapport signal à bruit instantané de ce signal reçu, on divise ce rapport signal à bruit par la puissance d'émission du signal reçu, on lisse (par exemple, on soumet à un filtrage passe-bas) le résultat de la division et on multiplie ce signal de division lissé par la puissance d'émission du signal reçu.

Le lissage permet, de façon en soi connue, de diminuer le bruit d'un signal. En effet, il permet de réduire, de façon sensible, le bruit qui s'étale sur tout le spectre, le filtrage ne retenant que la partie basse du spectre de l'énergie.

Le lissage qui s'effectue sur la division du rapport signal à bruit par ladite puissance d'émission du signal reçu permet d'améliorer sensiblement la qualité de la régulation. En effet, le numérateur du rapport signal à bruit instantané qui est mesuré est le produit du signal émis par l'atténuation (ou le gain) du canal de transmission (la propagation hertzienne dans l'exemple) et si le lissage était effectué sur ce produit, il provoquerait une intégration des variations de la puissance, ce qui entraînerait des oscillations de ce rapport signal à bruit lissé lors de changements brusques du gain du canal de transmission. Ces oscillations du signal mesuré fourniraient alors des valeurs insuffisantes du rapport signal à bruit mesuré par rapport à sa valeur réelle, ce qui aurait pour conséquence une consigne excessive.

Ainsi, lorsqu'on divise le rapport signal à bruit du signal reçu par la puissance d'émission, on s'affranchit, dans une grande mesure, de ces oscillations, ce qui permet de conférer une plus grande précision à la mesure de la caractéristique du signal reçu et, donc, de conférer à la puissance d'émission une valeur qui n'est pas excessive.

Il est à noter que cette disposition peut s'utiliser indépendamment de la disposition consistant à élaborer la consigne à partir d'une mémorisation des consignes précédemment élaborées.

En d'autres termes, l'invention consiste à utiliser la puissance d'émission du signal reçu pour élaborer la consigne de puissance de l'émetteur. Le signal représentant la puissance d'émission du signal reçu peut être utilisé avec les consignes précédemment élaborées pour déterminer la nouvelle consigne ; ce signal représentant la puissance d'émission du signal reçu peut, indépendamment ou en combinaison, être utilisé pour limiter lesdites oscillations du rapport signal à bruit mesuré. En particulier, pour élaborer la consigne, il n'est pas toujours indispensable de faire appel aux consignes précédemment élaborées ; il en est en particulier ainsi quand, par exemple, le temps de propagation est relativement faible, ou quand les consignes sont émises du récepteur vers l'émetteur à une fréquence relativement faible, ou encore quand chaque cellule contient une information sur la puissance avec laquelle elle a été émise.

Dans un système de télécommunication pour lequel des informations sont transmises depuis le récepteur vers l'émetteur, les consignes étant transmises avec ces informations, il est préférable de prévoir un système de régulation analogue de la puissance d'émission du récepteur vers l'émetteur. Dans ce cas, c'est au niveau de l'émetteur que sera contrôlée la puissance d'émission du récepteur. Autrement dit, dans cette situation, le récepteur et l'émetteur ont chacun une double fonction d'émission et de réception.

L'invention prévoit un procédé de télécommunication, dans lequel un émetteur transmet des informations à un récepteur avec une puissance fonction d'un signal de consigne fourni par le récepteur, cette consigne étant établie à partir de la comparaison entre une caractéristique du signal reçu et une caractéristique de référence, la consigne ayant pour but de maintenir la puissance de l'émetteur à un niveau tel que la caractéristique du signal reçu soit constamment égale à, ou voisine de, la caractéristique de référence. Ce procédé est caractérisé en ce qu'un retard intervenant dans la transmission des signaux entre l'émetteur et le récepteur, on élabore la consigne, dans le récepteur, à chaque réception d'information, à partir, d'une part, de ladite comparaison entre la caractéristique du signal reçu et de la caractéristique de référence, et d'autre part, d'un signal représentant la puissance d'émission du signal reçu.

Selon un mode de réalisation, on élabore également la consigne à partir des consignes précédemment élaborées et transmises à l'émetteur mais dont ce dernier n'a pu tenir compte en raison des retards de transmission.

Selon un mode de réalisation, la caractéristique étant un rapport signal à bruit lissé, dans le récepteur, on détermine le rapport signal à bruit instantané du

signal reçu, on le divise par un signal représentant la puissance d'émission du signal reçu, on lisse ce rapport et on multiplie le rapport lissé par le signal représentant la puissance d'émission du signal reçu, le résultat de cette multiplication constituant la caractéristique qui est comparée à la référence.

- 5 Selon un mode de réalisation, la mise à jour au temps  $t$ , dans le récepteur, du signal représentant la puissance d'émission du signal reçu s'effectue après l'écoulement d'un temps  $t'$  suivant l'émission d'une consigne du récepteur vers l'émetteur, ce temps  $t'$  étant égal à la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement, ou prise en compte, de la consigne
- 10 dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de retard de transmission de l'émetteur vers le récepteur, et cette mise à jour consiste à multiplier la puissance précédemment en mémoire par la consigne émise au temps  $t$ .

Selon un mode de réalisation, la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :

$$15 \quad C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{T_x(t)}{T_x(t + t')}$$

formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur, et  $T_x(t)$  et  $T_x(t+t')$  sont les signaux représentant la puissance d'émission du signal reçu aux temps, respectivement,  $t$  et  $t+t'$ .

- 20 Selon un mode de réalisation, la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :

$$C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{1}{\Pi C}$$

- formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur, et  $\Pi C$  est la
- 25 consigne ou le produit des consignes précédemment émise(s) mais non encore prise(s) en compte par l'émetteur.

Selon un mode de réalisation, la consigne émise par le récepteur vers l'émetteur est émise simultanément avec des données d'information ou de signalisation.

- 30 Selon un mode de réalisation, les données transmises du récepteur vers l'émetteur se présentent sous forme de données numériques en cellules ou paquets, chaque consigne étant émise dans l'en-tête de la cellule ou du paquet.



Selon un mode de réalisation, les informations transmises de l'émetteur vers le récepteur étant des données numériques transmises par cellules ou paquets, la caractéristique du signal reçu est déterminée à chaque cellule.

Selon un mode de réalisation, le trafic d'informations de l'émetteur vers le récepteur ou du récepteur vers l'émetteur est de type sporadique.

Selon un mode de réalisation, l'émetteur ayant aussi pour but de recevoir des informations provenant du récepteur et le récepteur ayant pour but d'émettre des informations vers l'émetteur, le contrôle de la puissance d'émission du récepteur s'effectue à partir d'un signal de consigne fourni par l'émetteur.

10 La présente invention prévoit en outre un récepteur pour la mise en œuvre du procédé de télécommunication de l'invention. Ce récepteur ayant aussi une fonction d'émission de signaux vers l'émetteur, il comporte des moyens pour élaborer les signaux de consigne et des moyens à mémoire pour stocker des signaux représentant la puissance d'émission du signal reçu, la mise à jour de la valeur du signal  
15 représentant la puissance d'émission du signal reçu qui est gardée en mémoire étant effectuée à chaque émission de signaux du récepteur vers l'émetteur.

Selon un mode de réalisation, le récepteur comporte une mémoire circulaire de profondeur  $t'$ ,  $t'$  étant la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement pris en compte dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de  
20 retard de transmission de l'émetteur vers le récepteur.

La présente invention prévoit enfin une application du procédé de télécommunication selon l'invention à un système de télécommunication par satellite(s) dans lequel on prévoit une station de commande et une pluralité de terminaux, les communications entre le terminal et la station de commande s'effectuant par l'inter-  
25 médiaire du satellite.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés, sur lesquels :

la figure 1 est un schéma d'un système de télécommunication par satellite,  
30 la figure 2 est un schéma de moyens connus pour la régulation de la puissance d'émission à partir d'un récepteur,

la figure 3 est un diagramme expliquant les défauts du système de la figure 2,

la figure 4 est un schéma montrant un système de régulation conforme à  
35 l'invention, et

les figures 5 et 6 sont des diagrammes expliquant certains aspects du fonctionnement du système de la figure 4.

L'exemple que l'on va décrire en relation avec les figures se rapporte à un système de télécommunication dans lequel la surface du globe terrestre est divisée en zones 10 (figure 1) dont une seule a été représentée sur la figure. Dans chaque zone on trouve, d'une part, une station centrale de commande ou de connexion 20, et, d'autre part, des terminaux ou postes d'abonnés 16, 18, etc.

Les terminaux 16, 18, etc. communiquent entre eux par l'intermédiaire d'un satellite 14 à orbite basse ou moyenne. Dans l'exemple, l'altitude du satellite est d'environ 1 500 km. Ce satellite 14 se déplace sur une orbite 12 sur laquelle se trouvent d'autres satellites. Pour couvrir le globe terrestre, ou une grande partie de ce dernier, on prévoit plusieurs orbites 12.

Quand le satellite 14 perd de vue la zone 10, le satellite suivant (non montré), par exemple sur la même orbite 12, prend le relais de la communication.

La station de commande et de connexion 20 assure la gestion des communications entre les terminaux 16, 18, etc. En particulier, elle attribue des ressources en fréquences, en puissance et en codes pour chacun des terminaux. A cet effet, cette station 20 communique avec chacun des terminaux, également par l'intermédiaire du satellite 14.

Les communications entre terminaux s'effectuent par l'intermédiaire de la station 20. Autrement dit, quand le terminal 16 communique avec le terminal 18, le terminal 16 envoie les données à la station 20 par l'intermédiaire du satellite et la station 20 réémet ces données vers le terminal 18, également par l'intermédiaire du satellite.

La station 20 est reliée à un réseau terrestre 22, du type ATM dans l'exemple. Ainsi, cette station 20 est reliée, par l'intermédiaire d'un commutateur ATM 34, à un réseau large bande 36, à un réseau à bande étroite 38, ainsi qu'à des serveurs 28. Le réseau 38 à bande étroite permet la connexion d'utilisateurs 30 et de serveurs 24. De même, le réseau 36 à large bande permet la connexion d'utilisateurs 32 et de serveurs 26.

Un tel système de télécommunication du type à transmission asynchrone permet un débit important de données avec une grande capacité et un faible retard dû à la transmission.

Dans un réseau asynchrone, notamment du type ATM, les données sont sous forme numérique et organisées en paquets ou cellules comprenant, pour la norme ATM, 384 bits (ou symboles) de données et 40 bits (ou symboles) d'en-tête.

Le problème que vise à résoudre l'invention est d'attribuer, à chaque communication, de la station de commande 20 vers un terminal 16, 18 et d'un terminal 16, 18 vers la station de commande, une ressource en puissance qui soit telle que cette puissance soit celle juste nécessaire pour que le rapport signal à bruit réponde aux spécifications. Ainsi, les communications auront une qualité de service requise garantissant un taux d'erreurs binaires inférieur à une limite prédéterminée sans consommation excessive de puissance. En effet, la puissance émise doit être celle qui est juste nécessaire, car la puissance disponible dans le satellite est limitée et, si une communication nécessite plus de puissance, cet excès vient en diminution de la puissance attribuée aux autres communications.

Par ailleurs, les terminaux étant des appareils à grande diffusion dont le prix doit être aussi bas que possible, il est préférable que leur puissance soit limitée.

Pour régler la puissance d'émission, on détermine le rapport signal à bruit à la réception et on règle la puissance d'émission pour que ce rapport signal à bruit soit égal à une valeur de référence.

Dans le cas d'un système de transmission par satellite, la puissance reçue par les récepteurs peut varier dans une grande mesure, notamment en raison des variations des conditions de propagation dues aux changements aléatoires des conditions météorologiques. En particulier, la propagation se dégrade sensiblement en cas de pluie par rapport à un temps clair. La propagation se dégrade aussi du fait des scintillations et de masquages.

Les conditions de propagation peuvent également introduire du bruit et la source de bruit peut, elle-même, présenter des caractéristiques qui varient. Outre le bruit thermique, les causes de bruit sont, notamment, les interférences dues à l'utilisation des mêmes fréquences de transmission pour des zones voisines, ou encore des brouillages par d'autres systèmes de transmission.

L'asservissement de la puissance d'émission au rapport signal à bruit à la réception pose un problème difficile à résoudre dans le cas du système de transmission par satellite(s) en raison des délais de propagation de la consigne émise par le récepteur vers l'émetteur et des délais de transmission des signaux de l'émetteur vers le récepteur.

Dans l'exemple, le retard dû à la propagation du signal d'un terminal vers la station de commande ou, réciproquement, de la station de commande vers un terminal, est de l'ordre de 25 ms. Ce délai est maintenu constant grâce à des mémoires tampons. En effet, le temps de propagation proprement dit varie constamment du fait du déplacement du satellite par rapport à la zone, ce qui entraîne une variation de la

distance de propagation entre un terminal et la station de commande. Mais, afin de faciliter la gestion du système, le retard est maintenu à un niveau constant grâce aux mémoires tampons mentionnées ci-dessus.

Par ailleurs, la mesure du rapport signal à bruit étant effectuée sur des cellules reçues, la fréquence de mesure dépend du trafic qui est intrinsèquement variable dans un système de communication multimédia du type de celui décrit. Par exemple, la fréquence de transmission des cellules est moins élevée dans le cas d'une messagerie électronique que dans le cas de transmission d'images ou dans le cas de transmissions de programmes.

En outre, il est préférable que la transmission de consigne de puissance du récepteur vers l'émetteur s'effectue en même temps qu'une transmission de cellule, car, cette consigne ne nécessitant qu'un nombre limité de bits, il est préférable de ne pas utiliser une cellule entière pour la seule transmission de la consigne. Il faut donc attendre d'avoir à transmettre une information (donnée ou signalisation) du récepteur vers l'émetteur pour transmettre cette consigne. Cette sporadicité du trafic augmente encore la difficulté de la régulation car elle entraîne des retards non déterministes, c'est-à-dire non prévisibles.

Ainsi, un système classique d'asservissement, s'il est utilisé tel quel, ne peut fonctionner correctement. Un tel système est représenté sur la figure 2. On voit sur cette figure que l'émetteur 40 comporte une entrée 42 recevant une consigne d'un récepteur 44. Le temps de transmission entre la sortie de commande 46 du récepteur 44 et l'entrée de consigne 42 de l'émetteur 40 correspond à un retard symbolisé par le bloc 48. Par ailleurs, la transmission des cellules de l'émetteur 40 vers le récepteur 44 s'effectue, comme la transmission inverse, par voie hertzienne par l'intermédiaire du satellite. Cette transmission constitue un canal 50 entraînant aussi un retard. Dans le récepteur 44, les cellules sont reçues par un dispositif de réception 52 et le rapport signal à bruit  $\tilde{\gamma} = \frac{E_b}{N_0}$  est estimé en permanence (bloc 54) sur chaque cellule reçue.

Pour limiter le bruit introduit par le canal 50, on procède à un lissage (bloc 56), c'est-à-dire, dans l'exemple, à un filtrage passe-bas, du signal fourni par le bloc 54. Ce rapport signal à bruit lissé  $\hat{\gamma}$  est comparé, dans un bloc 58, appelé "bloc de décision", à une valeur de référence  $\gamma_{ref}$  appliquée sur son entrée 60. Le bloc 58 délivre, sur la sortie 46, le signal de consigne vers l'émetteur 40 afin que ce dernier ajuste sa puissance d'émission en fonction de la comparaison entre le rapport signal à bruit lissé et la valeur  $\gamma_{ref}$  de référence.

Le lissage 56 introduit une contrainte sur la puissance d'émission. En effet, ce lissage constitue une intégration qui induit des oscillations de la valeur mesurée lors de variations brusques du signal d'entrée. Ces oscillations, qui ne représentent pas des oscillations réelles du rapport signal à bruit reçu, sont appliquées au bloc 58 et, ainsi au cours d'une oscillation, ce bloc 58 reçoit des valeurs  $\hat{\gamma}$  qui peuvent être inférieures à la référence  $\gamma_{ref}$ , alors que le signal à bruit réel ne descend pas en dessous de la référence. Ainsi, en général, la puissance d'émission doit être choisie avec une valeur en excès permettant de tenir compte de ces oscillations de la mesure. Comme on le verra plus loin, l'invention, selon un de ses aspects, permet de limiter ces oscillations indésirables.

Par ailleurs, comme on va le décrire en relation avec la figure 3, les études menées dans le cadre de l'invention ont permis de constater que les retards de la boucle d'asservissement représentée sur la figure 2 empêchent un fonctionnement correct de cette boucle et ces études ont permis de comprendre pourquoi l'asservissement ne fonctionnait pas et de proposer une solution.

Pour cette étude, on a considéré un exemple simplifié dans lequel on a supposé que la puissance  $P_e$  a, au démarrage de la communication, la valeur 1 et le canal 50 présente une atténuation qui augmente de façon continue avec le temps, cette atténuation augmentant d'un facteur  $\alpha$  à chaque unité de temps. En d'autres termes, au bout d'une unité de temps, la puissance est atténuée d'un facteur  $\alpha$ , au bout de deux unités de temps la puissance reçue est atténuée du facteur  $\alpha^2$  et, au bout de  $n$  unités de temps, la puissance est atténuée du facteur  $\alpha^n$ . En outre, dans cet exemple, le temps de propagation de l'émetteur vers le récepteur et du récepteur vers l'émetteur est de une unité de temps, la consigne est émise par le récepteur 44 une unité de temps après sa réception et, de façon analogue, la puissance d'émission est mise à jour une unité de temps après réception de la consigne par l'émetteur. Enfin, on a supposé que le bruit  $N_0$  a pour valeur l'unité.

On a indiqué, sur le trait supérieur 62 (figure 3), l'évolution de la puissance  $P_e$  de l'émetteur 40 en fonction du temps, les unités de temps étant marquées de 0 à 15 sur le trait horizontal inférieur 64 qui symbolise le récepteur.

Sous le trait 64, on a représenté les valeurs  $\gamma$  du rapport signal à bruit mesurées à chaque unité de temps et la dernière ligne représente les consignes transmises par le récepteur vers l'émetteur.

Au temps 0, l'émetteur émet à la puissance 1. Au temps 1, le récepteur reçoit la puissance  $\alpha$  (du fait de l'atténuation  $\alpha$  par unité de temps, la transmission de l'émetteur vers le récepteur étant représentée par une flèche oblique du haut vers le

bas avec indication de l'atténuation). Dans ces conditions, le récepteur émet une consigne d'augmentation tendant à compenser l'atténuation. Cette consigne est donc une demande d'augmentation dans le rapport inverse, soit  $\alpha^{-1}$ . Mais, cette consigne n'est prise en compte par l'émetteur qu'au temps 4 du fait des retards indiqués ci-dessus. Dans ces conditions, au temps 1, la puissance d'émission est toujours 1 et les puissances reçues (égales à  $\gamma$  ici) aux temps 2, 3 et 4 sont, respectivement,  $\alpha^2$ ,  $\alpha^3$  et  $\alpha^4$ , ce qui entraîne, à ces instants, des consignes d'émission de  $\alpha^{-2}$ ,  $\alpha^{-3}$  et  $\alpha^{-4}$ , respectivement. Au temps 5, le récepteur reçoit une puissance  $\alpha^5 \cdot \alpha^{-1} = \alpha^4$ , d'où une consigne  $\alpha^{-4}$ . A ce temps 5, la puissance d'émission est  $\alpha^{-3}$ , ce qui entraîne une puissance de réception de  $\alpha^3$  au temps 6.

Avec ce fonctionnement, on observe des instabilités manifestes de la puissance d'émission. Ainsi, on voit qu'au temps 14, la puissance d'émission est  $\alpha^3$ , alors qu'elle devrait être  $\alpha^{-11}$  (compte tenu des retards mentionnés ci-dessus).

Ce dysfonctionnement est dû au fait que les consignes sont élaborées, à chaque fois, seulement en fonction du signal reçu, sans tenir compte des consignes antérieures qui n'ont pas encore été prises en compte par l'émetteur du fait des retards de transmission et de traitement.

On voit, en effet, sur cette figure 3, que, par exemple, la consigne envoyée au temps 6 par le récepteur a pour valeur  $\alpha^{-3}$ . Mais, cette consigne, qui sera exécutée au temps 9 par l'émetteur ne tient pas compte du fait que, d'une part, le signal reçu au temps 6 correspond au signal émis au temps 5 et que, d'autre part, aux temps 6, 7 et 8, l'émetteur aura changé de puissance par rapport au temps 5.

On a représenté sur la figure 4 un asservissement qui permet de résoudre les deux problèmes ci-dessus, c'est-à-dire permettant, d'une part, de limiter les oscillations du paramètre mesuré et, d'autre part, un asservissement correct, fiable et robuste de la puissance d'émission en fonction de la mesure effectuée dans le récepteur.

Sur cette figure 4, les éléments qui correspondent à ceux de la figure 3 portent les mêmes chiffres de références. Le montage représenté sur la figure 4 se distingue de celui représenté sur la figure 2 par le fait qu'on prévoit, conformément à l'invention, dans le récepteur 44, un bloc 70 commandant le bloc de filtrage 56' et le bloc 58' d'émission de consigne.

Le bloc 70 permet de déterminer, en valeur relative, la puissance à laquelle a été émise la cellule sur laquelle est effectuée l'estimation instantanée de rapport signal à bruit dans le bloc 54.

Le signal représentant la puissance avec laquelle a été émise la cellule reçue et mesurée et traitée dans les blocs 54, 56' et 58', est déterminable dans le récepteur 44 car c'est ce dernier qui détermine la puissance de l'émetteur 40.

Pour déterminer la puissance avec laquelle la cellule a été émise, on tient  
5 compte des consignes précédemment envoyées par le récepteur 44 vers l'émetteur 40.

Autrement dit, contrairement à la situation représentée sur les figures 2 et 3, la consigne envoyée par le récepteur à l'émetteur tient compte, en plus du signal reçu, de la puissance d'émission de la cellule.

10 En outre, la consigne de puissance demandée à un instant donné tient compte des consignes précédemment envoyées par le récepteur mais qui n'ont pas encore été prises en compte par l'émetteur. L'invention assure ainsi une stabilité de la régulation malgré les retards, inévitables, entre l'élaboration de la consigne et la prise en compte de celle-ci par l'émetteur.

15 Le bloc 70 (figure 4) présente une sortie 72 reliée à l'entrée du bloc 56' et délivre à ce dernier une information représentant la valeur de la puissance  $T_x$  à laquelle a été émise la cellule qui doit être filtrée dans le bloc 56'.

Dans ce bloc 56', préalablement au filtrage, on divise le signal  $\tilde{\gamma} = \frac{E_b}{N_0}$

délivré par le bloc 54, par cette valeur  $T_x$  de puissance d'émission.

20 Étant donné que  $E_b = GT_x$ , le signal filtré par le bloc 56' est le signal  $G/N_0$ ,  $G$  étant le gain (ou atténuation) du canal 50, c'est-à-dire qu'il correspond seulement au rapport signal à bruit de l'atténuation du canal de transmission. Cette disposition permet d'amortir les oscillations du signal filtré lors des changements de pente du gain  $G$ . De cette manière, la puissance du signal d'émission peut être réduite par  
25 rapport au cas où de telles oscillations se produisent.

Le bloc 56' multiplie enfin le signal  $G/N_0$  ainsi lissé, de nouveau, par la valeur  $T_x$  de la puissance d'émission, afin de pouvoir comparer ce signal à la référence  $\gamma_{ref}$  dans le bloc 58'.

Le bloc 70 comporte, en outre, une entrée/sortie 74 reliée à une  
30 entrée/sortie 76 du bloc de décision 58'. Ce dernier élabore les consignes de puissance à émettre sur la sortie 46 et il fournit sur l'entrée 74 du bloc 70 une information sur le moment de l'émission de la consigne, c'est-à-dire sur le moment où la sortie 46 transmet la consigne vers l'émetteur.

Pour élaborer la consigne, le bloc 58' tient compte de toutes les consignes précédemment émises et qui ne sont pas prises en compte, du fait des délais de propagation et de traitement, par la cellule reçue. De façon plus précise, la cellule reçue, et qui est traitée dans les blocs 54, 56' et 58', tient compte des consignes émises jusqu'au temps  $t-t'$  et non des consignes émises entre les instants  $t-t'$  et  $t$ .  $t$  est l'instant présent et  $t'$  est la somme de la durée  $t_p$  de propagation des signaux du récepteur 44 vers l'émetteur 40, du temps  $t_e$  de traitement des signaux dans l'émetteur 40 et, enfin, de la durée  $t_p$  de propagation de l'émetteur 40 vers le récepteur 44.

Le temps  $t'$  a une valeur constante car, d'une part, comme on l'a vu précédemment, on confère, grâce à des mémoires tampons, une valeur constante à la durée de propagation  $t_p$  et, d'autre part, le temps  $t_e$  de traitement dans l'émetteur 40 est également constant.

Même si l'on ne prévoit pas de mémoire tampon pour imposer une durée constante de transmission entre l'émission par le récepteur (ou l'émetteur) et la réception par l'émetteur (ou le récepteur), la durée  $t_p$  est connue à chaque instant, puisque les distances séparant l'émetteur et le récepteur du satellite sont également connues à chaque instant.

Pour connaître, à un instant  $t$ , la puissance à laquelle a été émise une cellule reçue, il suffit de connaître la consigne demandée (par le signal sur la sortie 46) à l'instant  $t-t'$ .

Dans l'exemple, le signal émis sur la sortie 46 est un facteur multiplicatif. Par exemple, si, à l'instant  $t$ , la puissance de l'émetteur est  $P_0$ , la consigne sera un nombre  $C_1$  tel que la cellule reçue à l'instant  $t+t'$  ait la puissance  $P_0C_1$ . Cet exemple ne vaut que, si entre les instants  $t-t'$  et  $t$ , aucune autre consigne n'a été émise. Si dans cet intervalle, d'autres consignes avaient été émises, par exemple  $C_2$  et  $C_3$ , la consigne émise sera toujours  $C_1$ , mais, dans ce cas, la puissance d'émission de la cellule reçue à l'instant  $t+t'$  sera  $P = P_0C_1C_2C_3$ .

On voit ainsi qu'on peut connaître à tout instant la puissance d'émission de chaque cellule reçue à condition de connaître le produit des consignes émises jusqu'à l'instant  $t-t'$ . Il n'est pas indispensable de connaître la puissance d'émission de l'émetteur à l'initialisation ; il suffit de connaître l'évolution de cette puissance, c'est-à-dire l'évolution des consignes.

Dans le mode de réalisation décrit, pour limiter la taille de la mémoire du bloc 70, on garde seulement en mémoire les puissances demandées entre les



instants  $t-t'$  et  $t$  qui correspondent aux puissances d'émission des cellules reçues entre les instants  $t$  et  $t+t'$ .

Dans l'exemple, les consignes sont émises seulement lorsqu'une communication (d'information ou de signalisation) est établie du récepteur 44 vers l'émetteur

- 5 40. Par "communication", on entend tout type de transmission d'informations, ce qui englobe non seulement la transmission de données proprement dites, mais aussi la transmission de données de signalisation telles que les données indiquant un changement de satellite, la position du satellite ou des données de vérification.

Dans cette situation, la consigne est émise dans l'en-tête d'une des cellules  
10 de la communication. Ainsi, la transmission de la consigne n'est pas obligatoirement immédiate. Il peut donc se produire qu'une cellule soit reçue par le récepteur 44, alors que la consigne correspondant à la cellule précédemment analysée n'a pas été émise vers l'émetteur 40 (car, entre temps, il n'y a pas eu de trafic du récepteur vers l'émetteur). Dans cette situation, la nouvelle consigne, qui est élaborée à partir de la  
15 dernière cellule reçue, remplace la consigne précédente.

Compte tenu de l'ensemble des explications fournies ci-dessus, la consigne  $C(t)$  construite par le bloc 58' après chaque réception de cellule a pour valeur :

$$(1) \quad C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{T_x(t)}{T_x(t+t')} = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \cdot \frac{1}{\Pi C}$$

Dans cette formule,  $C(t)$  est la consigne, c'est-à-dire un facteur de  
20 multiplication,  $\gamma_{ref}$  est la valeur de référence appliquée sur l'entrée 60 du bloc 58',  $\hat{\gamma}(t)$  est le signal de sortie du bloc de filtrage 56' appliqué sur une entrée du bloc 58',  $T_x(t)$  est l'image à l'instant  $t$ , dans le bloc 70, de la puissance de l'émetteur à l'instant  $t-t_p$  et  $T_x(t+t')$  est l'image à l'instant  $t+t'$  de la puissance de l'émetteur à l'instant  $t+t'-t_p$ . Cette dernière image est connue à l'instant  $t$  puisqu'elle dépend des consignes émises  
25 par le récepteur jusqu'à cet instant.

On comprend que le rapport  $\frac{T_x(t)}{T_x(t+t')}$  correspond à l'inverse du produit

des consignes de puissance émises par le récepteur et dont l'émetteur n'a pas encore tenu compte. Il est, en effet, nécessaire de ne pas tenir compte plusieurs fois de ces consignes précédemment élaborées.  $\Pi C$  est ce produit dans la formule (1) ci-dessus.

30 Par ailleurs, la valeur  $T_x$  (image de la puissance d'émission) est mise à jour dans la mémoire du bloc 70 à chaque fois qu'une consigne est émise, ce bloc 70 étant informé de cette émission par le signal sur son entrée 76. Cette mise à jour consiste, après l'écoulement d'un temps  $t'$  après l'émission de la consigne, à multiplier la valeur  $T_x$  précédente par la consigne émise. Autrement dit : au temps  $t$ , la

consigne est élaborée sur la base de la puissance de la cellule émise au temps  $t_1 = t - t_p - t_r$  ( $t_r$  est la durée de la mesure et de l'élaboration de la consigne dans le récepteur), et cette consigne émise au temps  $t$  sera exécutée par l'émetteur au temps  $t_1 + t' + t_r$  et ne sera reçue par le récepteur qu'à partir du temps  $t_1 + t' + t_p + t_r = t + t'$ .

- 5 Dans ces conditions, pour mettre à jour la puissance  $T_x$ , on procède de la façon suivante : quand une consigne est transmise au temps  $t$ , sur la sortie 46, par une cellule, on met à jour la puissance  $T_x$  en mémoire du bloc 70 au temps  $t + t'$ . Cette mise à jour au temps  $t + t'$  consiste à multiplier la valeur  $T_x$  en mémoire par la consigne émise au temps  $t$ .

- 10 Comme déjà indiqué, lorsqu'une nouvelle consigne est élaborée sur la base d'une cellule reçue, alors que la consigne précédente n'a pu être émise, la nouvelle consigne remplace celle qui n'a pu être émise.

Un exemple de fonctionnement est représenté sur la figure 5 qui est une figure analogue à celle de la figure 3.

- 15 Sur cette figure, on a considéré, comme dans le cas de la figure 3, un émetteur dont la puissance de départ a la valeur 1 et un canal de transmission qui s'affaiblit d'un coefficient  $\alpha$  toutes les unités de temps. La durée de transmission, dans un sens ou dans l'autre, entre l'émetteur et le récepteur est de une unité de temps. La durée de traitement dans le récepteur est de une unité de temps. Par contre, par
- 20 rapport à la figure 3, pour simplifier, on a supposé que la durée de traitement dans l'émetteur est négligeable. Sur le trait supérieur 100, on a représenté l'évolution de la puissance émise par l'émetteur en fonction du temps. Le trait inférieur 102 représente le récepteur. Sous ce trait, on a indiqué les variations de la valeur  $\hat{y}$  en fonction du temps. On a aussi indiqué l'évolution avec le temps : des consignes  $C(t)$  de
- 25 puissance, de l'image  $T_x$  de la puissance de l'émetteur 40 qui est formée dans le bloc 70, et, enfin, des consignes de puissance envoyées par le récepteur 44 vers l'émetteur 40, mais qui n'ont pas encore été prises en compte par l'émetteur 40.

On notera qu'à un temps  $t$  donné, l'image  $T_x$  de la puissance  $P_e$  est l'image de la puissance d'une cellule émise au temps  $t - t_p$  ( $t - 1$  dans l'exemple).

- 30 Dans cet exemple de fonctionnement, l'émission des cellules de l'émetteur vers le récepteur (lignes obliques, du trait 100 vers le trait 102) n'est pas régulière. Ainsi, entre les instants 0 et 2, entre les instants 4 et 7 et entre les instants 10 et 14, l'émission s'effectue au rythme d'une cellule par une unité de temps, alors que, entre les instants 2 et 4, il s'écoule deux unités de temps ; il en est de même, entre les
- 35 instants 8 et 10. De façon analogue, l'émission des cellules du récepteur vers l'émetteur (traits pointillés horizontaux, et traits obliques du trait 102 vers le trait 100).

Il y a émission chaque unité de temps entre les temps 2 et 6, et entre les temps 10 et 14. Par contre, quatre unités de temps séparent l'émission d'une cellule entre les instants 6 et 10.

- 5 Pour cette figure 5, on a utilisé la formule (1) ci-dessus pour déterminer les consignes  $C(t)$  et on a également utilisé la mise à jour de  $T_x$  qui consiste à multiplier la valeur  $T_x$  présente à l'instant  $t$  par la consigne à l'instant  $t-t'$ . Dans cet exemple, le temps  $t'$  a pour valeur deux unités de temps (deux fois la durée de propagation, la durée  $t_e$  de traitement étant supposée nulle).

Par exemple, au temps 7, la consigne est :

$$10 \quad C(7) = \frac{1}{\alpha^4} \quad \frac{1}{\alpha^{-2}} = \alpha^{-2}.$$

Dans le calcul ci-dessus,  $\frac{1}{\alpha^{-2}}$  est l'inverse de la consigne non encore

reçue par l'émetteur qui est indiquée par la dernière ligne au temps 7.

On voit aussi qu'on peut utiliser les valeurs  $T_x(t)$  et  $T_x(t+t')$ . Par exemple :

$$C(7) = \frac{1}{\alpha^4} \quad \frac{T_x(7)}{T_x(9)} = \frac{1}{\alpha^4} \quad \frac{\alpha^{-3}}{\alpha^{-5}} = \alpha^2.$$

- 15 Pour élaborer la valeur  $T_x$  au temps 7, on a considéré la valeur présente dans la mémoire 70 qui est indiquée au temps 6 et on a multiplié cette valeur par la consigne présente au temps  $6-t'$ , c'est-à-dire au temps 4. Au temps 4, la consigne était de 1. Ainsi, la valeur  $T_x$  reste alors  $\alpha^{-3}$  au temps 7. Aux temps 9, 10 et 11 la valeur  $T_x$  est maintenue constante car, aux instants 7, 8 et 9 (c'est-à-dire aux instants
- 20  $t-t'$ ), aucune consigne n'a été émise par le récepteur.

- On observe que, malgré la sporadicité du trafic, la puissance  $P_e$  suit correctement (aux retards de propagation et de traitement près) l'évolution de l'atténuation due à la propagation, et cela malgré l'irrégularité du trafic. Cette irrégularité du trafic entraîne, bien entendu, des irrégularités de variations de la puissance d'émission, mais ces irrégularités (par exemple du temps 10 au temps 11) n'ont pas de
- 25 conséquence sur la stabilité de l'asservissement.

On a aussi constaté que le procédé est robuste aux perturbations, telles que des pertes de signaux du récepteur vers l'émetteur, c'est-à-dire des perturbations telles que des signaux émis par le récepteur 40 ne sont pas reçus par l'émetteur 44.

- 30 On a représenté ainsi sur la figure 6 l'effet d'une perte de cellules du récepteur vers l'émetteur. Cet exemple est analogue à celui représenté sur la figure 5. Les hypothèses sont les mêmes.

Dans cet exemple, on voit que les cellules émises par le récepteur aux temps 6, 7, 8 et 9 n'ont pas atteint l'émetteur alors que celui-ci aurait dû recevoir des consignes aux temps, respectivement 7, 8, 9 et 10.

On constate que, dans cette situation, la puissance  $P_e$  retrouve la valeur correcte au temps 13, soit seulement deux unités de temps après la fin de l'interruption de la transmission du récepteur vers l'émetteur.

Un mode de réalisation du bloc 70 consiste à prévoir des moyens de mémorisation de l'image de la puissance d'émission des cellules reçues et à mettre à jour cette puissance à l'aide d'une horloge, ou compteur de temps, qui est déclenchée à l'émission d'une consigne et qui met à jour cette valeur au temps  $t' = t_p + t_e + t_p$ , la nouvelle valeur représentant la précédente multipliée par la consigne lors de l'émission de la consigne. Si, lors de l'arrivée d'une nouvelle cellule, la consigne précédente n'a pu être transmise, du fait qu'aucune cellule n'est transmise du récepteur vers l'émetteur, la nouvelle consigne construite à partir de la cellule reçue en dernier lieu remplace la précédente consigne.

Le bloc 70 peut faire appel, par exemple, à une mémoire tampon circulaire de profondeur  $t'$ .

Bien qu'on ait seulement décrit le contrôle de puissance au niveau du récepteur, on comprend aisément qu'il existe une autre boucle de contrôle de puissance pour laquelle la puissance d'émission du récepteur est contrôlée au niveau de l'émetteur.

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de télécommunication, dans lequel
  - un émetteur (40) transmet des informations à un récepteur (44) avec une puissance fonction d'un signal de consigne fourni par le récepteur,
  - 5 - cette consigne étant établie à partir de la comparaison entre une caractéristique ( $\hat{\gamma}$ ) du signal reçu et une caractéristique de référence ( $\gamma_{ref}$ ),
  - la consigne ayant pour but de maintenir la puissance de l'émetteur à un niveau tel que la caractéristique du signal reçu soit constamment égale à, ou voisine de, la caractéristique de référence,
  - 10 - un retard intervenant dans la transmission des signaux entre l'émetteur et le récepteur, on élabore la consigne dans le récepteur, à chaque réception d'information, à partir, d'une part, de ladite comparaison entre la caractéristique du signal reçu et de la caractéristique de référence, et d'autre part, d'un signal représentant la puissance d'émission du signal reçu
  - 15 caractérisé en ce qu'on élabore la consigne à partir des consignes précédemment élaborées et transmises à l'émetteur mais dont ce dernier n'a pu tenir compte en raison des retards de transmission.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la caractéristique étant un rapport signal à bruit lissé, dans le récepteur, on détermine le rapport signal à bruit instantané ( $\tilde{\gamma}$ ) du signal reçu, on le divise par un signal ( $T_x$ ) représentant la puissance d'émission du signal reçu, on lisse ce rapport et on multiplie le rapport lissé par le signal ( $T_x$ ) représentant la puissance d'émission du signal reçu, le résultat ( $\hat{\gamma}$ ) de cette multiplication constituant la caractéristique qui est comparée à la référence.
- 20 3. Procédé selon la revendication 1, ou 2, caractérisé en ce que la mise à jour au temps  $t$ , dans le récepteur, du signal ( $T_x$ ) représentant la puissance d'émission du signal reçu s'effectue après l'écoulement d'un temps  $t'$  suivant l'émission d'une consigne du récepteur vers l'émetteur, ce temps  $t'$  étant égal à la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement, ou prise en compte, de la consigne dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de retard de transmission de l'émetteur vers le récepteur, et en ce que cette mise à jour consiste à multiplier la puissance précédemment en mémoire par la consigne émise au temps  $t$ .
- 30 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :
- 35

$$C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \frac{T_x(t)}{T_x(t + t')}$$

formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur,  $T_x(t)$  et  $T_x(t+t')$  sont les signaux représentant la puissance d'émission du signal reçu aux temps, respectivement,  $t$  et  $t+t'$ .

- 5 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la consigne  $C(t)$  est élaborée à partir de la formule suivante :

$$C(t) = \frac{\gamma_{ref}}{\hat{\gamma}(t)} \frac{1}{\Pi C}$$

formule dans laquelle  $\gamma_{ref}$  est la valeur de la caractéristique de référence,  $\hat{\gamma}(t)$  est la valeur de la caractéristique mesurée au temps  $t$  dans le récepteur et  $\Pi C$  est la consigne ou le produit des consignes précédemment émise(s) mais non encore prise(s) en compte par l'émetteur.

- 10 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la consigne émise par le récepteur vers l'émetteur est émise simultanément avec des données d'information ou de signalisation.
- 15 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les données transmises du récepteur vers l'émetteur se présentent sous forme de données numériques en cellules ou paquets, en ce que chaque consigne est émise dans l'en-tête de la cellule ou du paquet.
- 20 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les informations transmises de l'émetteur (40) vers le récepteur (44) étant des données numériques transmises par cellules ou paquets, la caractéristique du signal reçu est déterminée à chaque cellule.
- 25 9. Procédé selon la revendication 6, 7 ou 8, caractérisé en ce que le trafic d'informations de l'émetteur vers le récepteur ou du récepteur vers l'émetteur est de type sporadique.
- 30 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, l'émetteur (40) ayant aussi pour but de recevoir des informations provenant du récepteur (44) et le récepteur ayant pour but d'émettre des informations vers l'émetteur, le contrôle de la puissance d'émission du récepteur s'effectue à partir d'un signal de consigne fourni par l'émetteur.
11. Récepteur pour la mise en œuvre du procédé de télécommunication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, ce récepteur (44) ayant aussi une fonction d'émission de signaux vers l'émetteur (40), il

comporte des moyens (58') pour élaborer les signaux de consigne et des moyens à mémoire (70) pour stocker des signaux représentant la puissance d'émission du signal reçu, la mise à jour de la valeur du signal représentant la puissance d'émission du signal reçu qui est gardée en mémoire étant effectuée à chaque

5 émission de signaux du récepteur vers l'émetteur.

**12.** Récepteur selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire circulaire (70) de profondeur  $t'$ ,  $t'$  étant la somme du retard  $t_p$  de transmission du récepteur vers l'émetteur, du temps  $t_e$  de traitement pris en compte dans l'émetteur et du temps  $t_p$  de retard de transmission de l'émetteur

10 vers le récepteur.

**13.** Application du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, à un système de télécommunication par satellite(s) dans lequel on prévoit une station de commande (20) et une pluralité de terminaux (16, 18), les communications entre le terminal et la station de commande s'effectuant par l'intermédiaire du

15 satellite.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



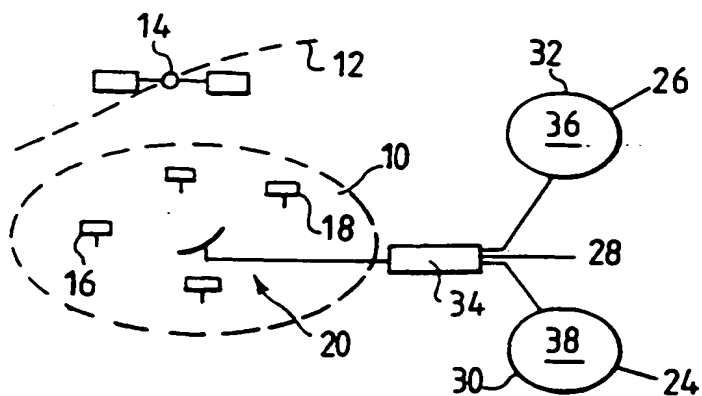


FIG. 1

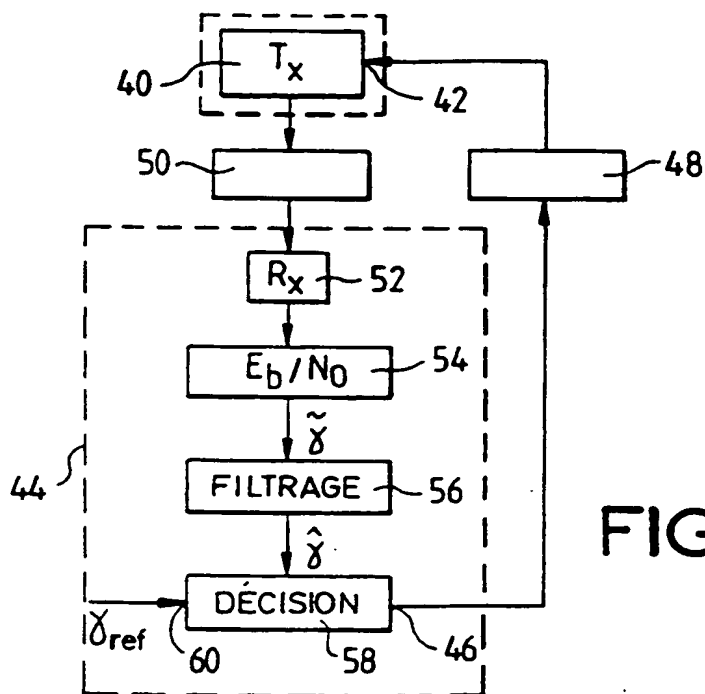
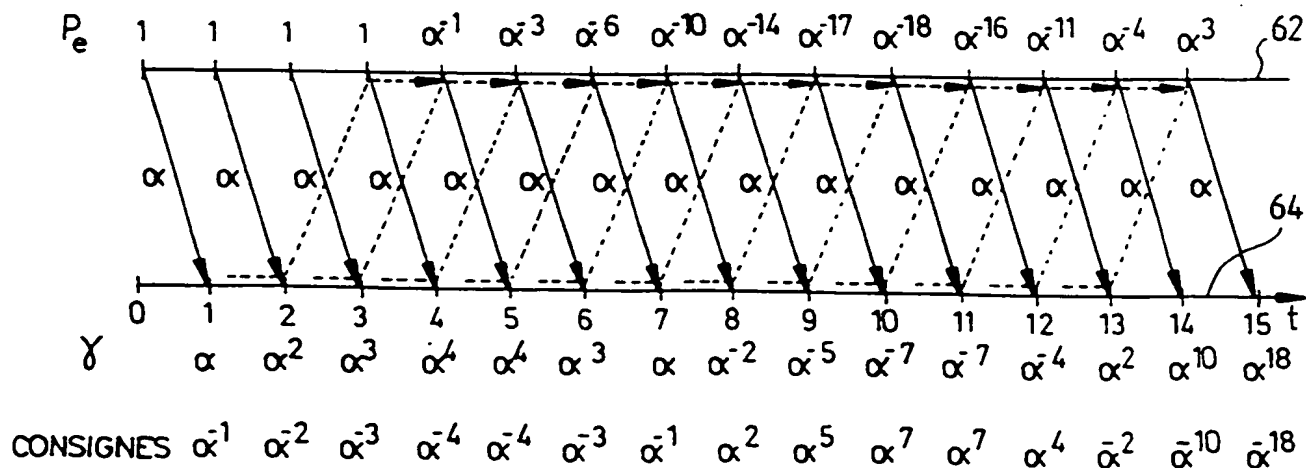


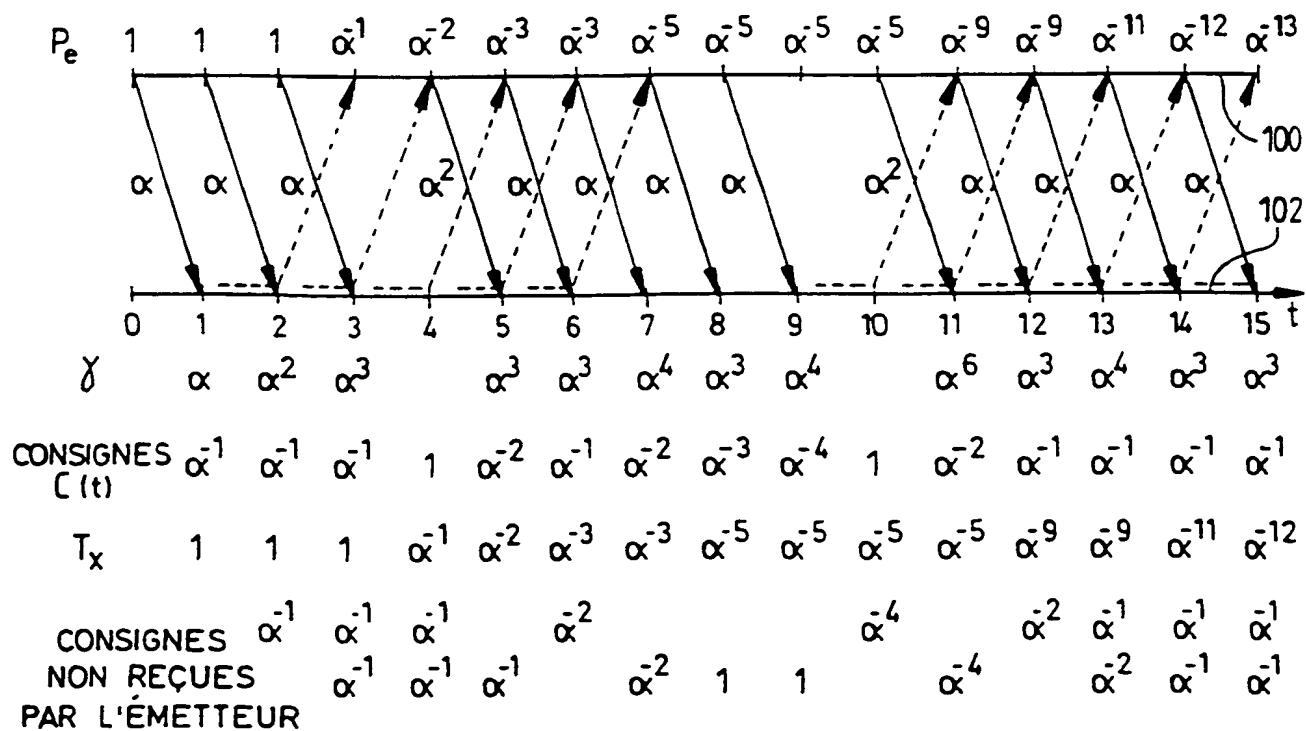
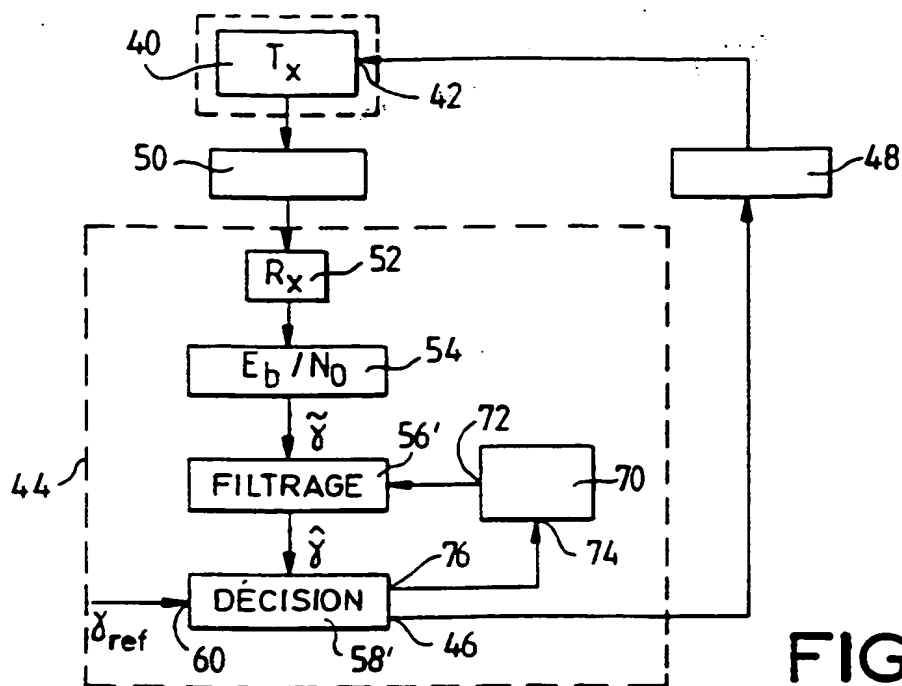
FIG. 2

FIG. 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2/3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

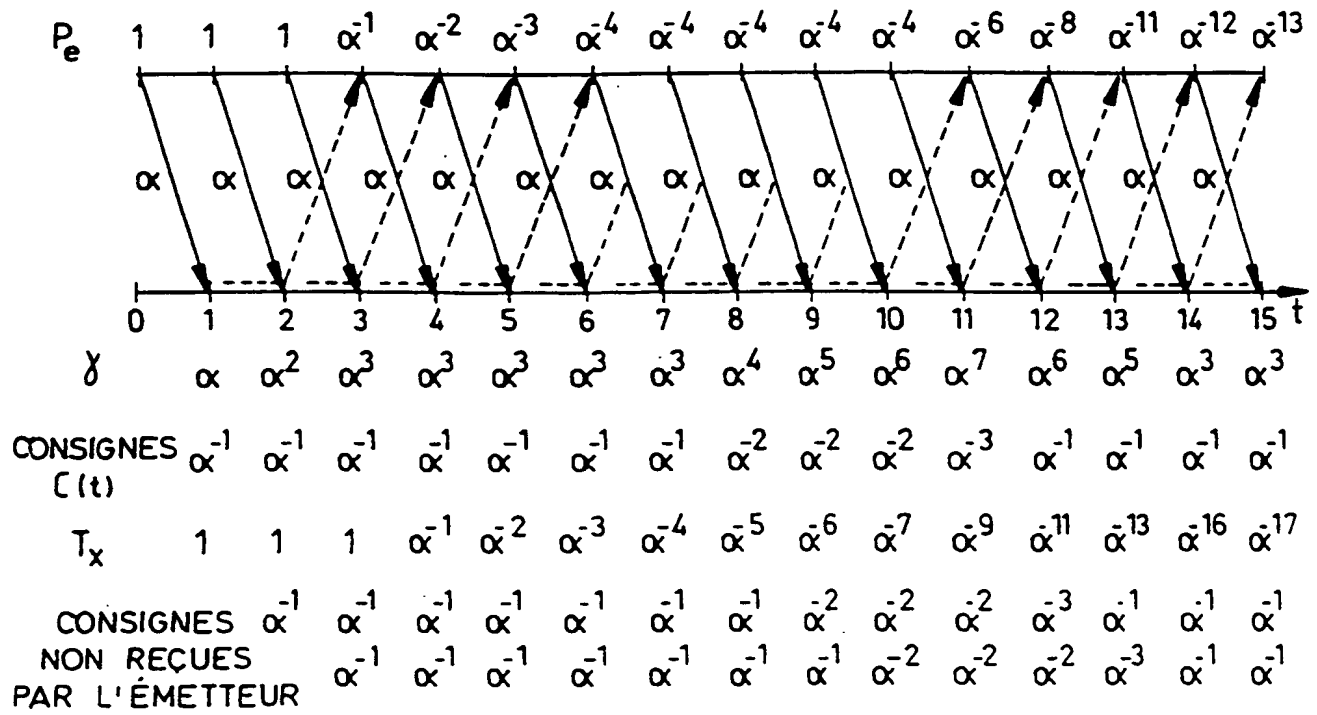


FIG.6

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/FR 99/03268

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B7/005

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	<p>WO 98 45962 A (ERICSSON GE MOBILE INC) 15 October 1998 (1998-10-15)</p> <p>abstract; figures 3,5 page 3, line 9 - line 19 page 6, line 13 -page 8, line 18; figure 2 page 12, line 13 -page 14, line 14</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	<p>1,6,10, 13 2,3,7-9, 11</p>

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the International filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

6 March 2000

Date of mailing of the International search report

10/03/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Sieben, S

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Patent Application No

PCT/FR 99/03268

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97 49197 A (HONKASALO ZHICHUN ;NOKIA MOBILE PHONES LTD (FI); JOKINEN HARRI (FI) 24 December 1997 (1997-12-24)	1,6-10
A	abstract; figure 3 page 3, line 1 - line 14 page 4, line 5 - line 9 page 5, line 1 - line 11 page 6, line 7 - line 11 page 7, line 5 - line 29 page 8, line 23 -page 9, line 22 page 10, line 17 - line 28 page 14, line 28 -page 15, line 2	2,11
A	WO 98 23044 A (CHEN TAO ;QUALCOMM INC (US); SAINTS KEITH W (US)) 28 May 1998 (1998-05-28) abstract; figures 3A-3H,4 page 1, line 19 - line 23 page 2, line 16 -page 4, line 18 page 6, line 7 -page 7, line 11; figure 2 page 10, line 3 - line 6	1-6,10, 11,13
A	US 5 305 468 A (BRUCKERT EUGENE J ET AL) 19 April 1994 (1994-04-19) abstract; figure 5 column 1, line 38 - line 49 column 3, line 53 -column 4, line 34	1-5,10, 11
A	US 5 852 782 A (KOMATSU MASAHIRO) 22 December 1998 (1998-12-22) abstract; figures 1,3,6 column 1, line 21 -column 2, line 41 column 4, line 32 -column 5, line 9	1-6,10, 11



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Int. Application No

PCT/FR 99/03268

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9845962 A	15-10-1998	AU 6870598 A EP 0972359 A	30-10-1998 19-01-2000
WO 9749197 A	24-12-1997	FI 962510 A AU 2492497 A AU 3177397 A CN 1171663 A DE 19725438 A ES 2134143 A FR 2750000 A GB 2314486 A IT MI971416 A JP 10065612 A NL 1006289 A SE 9702311 A US 5995496 A	18-12-1997 08-01-1998 07-01-1998 28-01-1998 18-12-1997 16-09-1999 19-12-1997 24-12-1997 16-12-1998 06-03-1998 19-12-1997 18-12-1997 30-11-1999
WO 9823044 A	28-05-1998	AU 7304598 A EP 0940017 A NO 992391 A ZA 9710319 A	10-06-1998 08-09-1999 09-06-1999 04-08-1998
US 5305468 A	19-04-1994	CA 2088720 A,C KR 9608955 B	19-09-1993 10-07-1996
US 5852782 A	22-12-1998	JP 2773721 B JP 9186649 A	09-07-1998 15-07-1997

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Denomination internationale No  
PCT/FR 99/03268

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H04B7/005

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X A	<p>WO 98 45962 A (ERICSSON GE MOBILE INC) 15 octobre 1998 (1998-10-15)</p> <p>abrégé; figures 3,5 page 3, ligne 9 - ligne 19 page 6, ligne 13 -page 8, ligne 18; figure 2 page 12, ligne 13 -page 14, ligne 14</p> <p>— -/-</p>	<p>1,6,10, 13 2,3,7-9, 11</p>

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 mars 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10/03/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3018

Fonctionnaire autorisé

Sieben, S

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 97 49197 A (HONKASALO ZHICHUN ; NOKIA MOBILE PHONES LTD (FI); JOKINEN HARRI (FI) 24 décembre 1997 (1997-12-24)	1,6-10
A	abrégé; figure 3 page 3, ligne 1 - ligne 14 page 4, ligne 5 - ligne 9 page 5, ligne 1 - ligne 11 page 6, ligne 7 - ligne 11 page 7, ligne 5 - ligne 29 page 8, ligne 23 - page 9, ligne 22 page 10, ligne 17 - ligne 28 page 14, ligne 28 - page 15, ligne 2	2,11
A	WO 98 23044 A (CHEN TAO ; QUALCOMM INC (US); SAINTS KEITH W (US)) 28 mai 1998 (1998-05-28) abrégé; figures 3A-3H,4 page 1, ligne 19 - ligne 23 page 2, ligne 16 - page 4, ligne 18 page 6, ligne 7 - page 7, ligne 11; figure 2 page 10, ligne 3 - ligne 6	1-6,10, 11,13
A	US 5 305 468 A (BRUCKERT EUGENE J ET AL) 19 avril 1994 (1994-04-19) abrégé; figure 5 colonne 1, ligne 38 - ligne 49 colonne 3, ligne 53 - colonne 4, ligne 34	1-5,10, 11
A	US 5 852 782 A (KOMATSU MASAHIRO) 22 décembre 1998 (1998-12-22) abrégé; figures 1,3,6 colonne 1, ligne 21 - colonne 2, ligne 41 colonne 4, ligne 32 - colonne 5, ligne 9	1-6,10, 11

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Denomination internationale No

PCT/FR 99/03268

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
W0 9845962 A	15-10-1998	AU 6870598 A EP 0972359 A	30-10-1998 19-01-2000
W0 9749197 A	24-12-1997	FI 962510 A AU 2492497 A AU 3177397 A CN 1171663 A DE 19725438 A ES 2134143 A FR 2750000 A GB 2314486 A IT MI971416 A JP 10065612 A NL 1006289 A SE 9702311 A US 5995496 A	18-12-1997 08-01-1998 07-01-1998 28-01-1998 18-12-1997 16-09-1999 19-12-1997 24-12-1997 16-12-1998 06-03-1998 19-12-1997 18-12-1997 30-11-1999
W0 9823044 A	28-05-1998	AU 7304598 A EP 0940017 A NO 992391 A ZA 9710319 A	10-06-1998 08-09-1999 09-06-1999 04-08-1998
US 5305468 A	19-04-1994	CA 2088720 A, C KR 9608955 B	19-09-1993 10-07-1996
US 5852782 A	22-12-1998	JP 2773721 B JP 9186649 A	09-07-1998 15-07-1997

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**